

“双碳”治理视角下碳捕集、利用与封存政策的中国样本审视

曾丽渲,邢鸿飞

(河海大学法学院,江苏 南京 211100)

摘要:探究中国现行碳捕集、利用与封存政策的特征与不足,可为我国将来的政策制定及体系优化提供参考。以2006年2月至2022年12月中央和地方发布的143份有效政策文本为研究对象,构建基于“政策工具-目标领域-政策主体”的三维分析框架模型。结合统计学方法、结构分析法和内容分析法等研究方法,分别探究了碳捕集、利用与封存政策的演进历程、政策工具、政策目标领域、政策主体、政策力度等内容特征。结果表明,在“双碳”目标导向下,中国碳捕集、利用与封存政策正在展开布局,战略目标逐步明晰,但仍然存在专项政策缺位、政策工具结构分布不均衡、政策主体合作联系密度不高、碳捕集、利用与封存全流程技术标准不完善等问题。基于此,未来应当强化政策力度,构建面向碳中和目标的碳捕集、利用与封存专项政策;高效配置多元政策工具,构建政策工具的综合应用模式;完善碳捕集、利用与封存产业链,优化产业布局结构。

关键词:环境治理;碳捕集、利用与封存政策;清洁能源;低碳;碳达峰;碳中和

中图分类号:D920.1

文献标志码:A

文章编号:1671-4970(2024)02-0147-14

一、引言

实现碳达峰、碳中和的愿景,是以习近平同志为核心的党中央重大决策部署,是着力解决资源环境约束突出问题、构建生态文明新格局的重要战略选择。中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”^[1]。碳达峰、碳中和目标(以下简称“双碳”目标)的提出,在国内国际社会引发关注。随着“双碳”目标的推进,中央全面深化改革委员会重点强调,我国能源消耗总量和强度“双控”要逐步向碳排放总量和强度“双控”转变^[2]。这一转变让

二氧化碳捕集、利用与地质封存技术(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)受到了社会的广泛关注。CCUS技术能够在能源利用、工业过程中捕获混合排放源中的CO₂,通过资源利用或注地封存,实现CO₂的持续减排^[3]。作为最具商业化应用潜力的碳减排技术,CCUS被定位为实现化石能源低碳转型的重要技术路径,是重塑电力系统、平衡电力系统稳定性与灵活性的主要技术选择,也是实现碳达峰、碳中和目标的托底技术保障^[4]。综合来看,CCUS既能够为碳排放“双控”目标的实现提供重要技术支撑,又有助于保障能源体系安全,能够对大力推动我国新能源高质量发展,共建清洁美丽世界作出更大贡献^[5]。

引用本文:曾丽渲,邢鸿飞.“双碳”治理视角下碳捕集、利用与封存政策的中国样本审视[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2024,26(2):147-160.

作者简介:曾丽渲(1993—),女,博士研究生,主要从事法律社会学、环境法学研究。E-mail:zenglxix@163.com

目前,全球 CCUS 项目大多处于规模化示范阶段,尚未形成商业化市场运作的产业格局。缘由在于,碳排放存在强经济负外部性,CCUS 生成商业化格局的内源动力明显不足,在能耗成本高、可持续发展效益不显著等风险性因素的影响下,企业主导模式很难把国家绿色低碳转型的强大动力传动到治理实践层面。在这一背景下,政策支持成为新兴 CCUS 产业早期发展的强劲助推力,政府部门出台适宜的政策能够有效引导并培育 CCUS 产业向着低成本、商业化、集群化方向稳定发展,这对于中长期应对气候变化意义非凡。2006 年起,我国宏观政策层面正式提出要鼓励、支持 CCUS 技术的开发与应用,并由此开始系统性支持 CCUS 技术产业布局,明确提出开展 CCUS 重大项目示范,政策激励的范围和力度持续扩大,政策体系逐步完善。围绕 CCUS 政策体系,国内外学者展开了诸多讨论,现有研究视角主要集中于 3 个层面:其一,部分研究者采取了理论性、描述性的定性分析方法,对中国 CCUS 政策的演变历程和发展现状进行了分析和评述,着重对中央政府与地方政府出台的相关政策或规划进行了梳理^[6]。此外,也有部分研究者介绍了近年来国外主要发达经济体的政策发展情况,并在此基础上提出了中国制定相关政策的启示性建议^[7]。其二,基于中国二氧化碳捕集、利用与封存产业的实践发展趋势,部分研究者总结了 CCUS 产业项目、产业集群、技术战略的现实发展状况,有针对性地提出了中国 CCUS 政策面临的挑战以及未来发展 CCUS 产业的建议^[8-9]。其三,也有研究者从商业运行模式出发,分析了部署 CCUS 政策的重要性。学者们普遍认为 CCUS 的捕集成本较高,并涉及多个行业、多个主体之间的广泛协作,在中国的治理体系下,如果没有政策的支持,部署 CCUS 技术的动力可能会很低。为支持 CCUS 发展,中国应当构建完善的 CCUS 政策框架与相关法律法规,规定 CO₂减排目标、详细的工程规范以及高排放行业的融资方式^[10]。

不难发现,既有研究通过描述性的定性分析,客观呈现了 CCUS 政策的变迁发展规律与政策文本的基本特征,但较少对我国现有

CCUS 政策体系进行动态分析和评判。科学的研究范式能够更加精准地把握政策整体内容,通过量化研究能获得可重复、可验证且客观的分析结论,同时也能从微观和宏观层面明晰政策演进历程、了解政策工具结构、把握政策实施效果,这对于推动绿色低碳改革至关重要^[11]。为此,基于对 CCUS 政策文本的深度挖掘,本研究创新性地构建了“政策工具-目标领域-政策主体”的三维分析框架,期望通过对我国 CCUS 政策文本的动态研究,系统总结政策发文特征,识别 CCUS 政策推进中的关键障碍,以此找准政策发力点,加强国家层面对 CCUS 技术发展的政策指导和宏观协调,为产业格局的健康发展提供规范层面的支持与保障,推动 CCUS 技术稳健进入新的发展阶段。

二、研究资料和研究方法

1. 资料来源

以“CCUS”“碳捕集”“碳封存”“碳利用”“降碳”“零碳”“负碳”“低碳”“减碳”“去碳”“碳负排”“碳中和技术”等为关键词,借助北大法律信息网、法规数据库和中国知网政策数据库,收集了从 2006 年 2 月至 2022 年 12 月中央人民政府及生态环境部、工业和信息化部、发展改革委、国家能源局等国家层面与 CCUS 技术相关的政策文件,并使用 Python 收集了与 CCUS 相关的地方性法规、地方规范性文件、地方工作文件,对检索到的政策文本进行补充核验,组建政策备选库。

其中,政策纳入标准如下:政策文本整体或部分内容与 CCUS 密切相关;政策内容包含国家或地方对 CCUS 技术落地的政策态度或具体措施安排,有实质的导向性;选取的主要政策形式为法律法规、工作文件等能充分反映中国政府政策的规范性文件。政策排除标准为:由人工逐个阅读,剔除会议通知、项目申报通知、答复函、重复政策、目录类政策等无实质政策内容的;只出现“CCUS”“碳捕集”“碳封存”“碳中和技术”等关键词,政策内容与碳捕集、利用与封存的相关程度较低,或者仅有缺乏可操作性的模糊表达;纳入研究的不同文本中存在内容上的重复。通过政策纳入与排除规则,本研究对

最终得到的 143 份 CCUS 政策文本进行分析(表 1),其中包括中央层级政策 40 项、地方政府政策 103 项。

需要明确的是,本研究对政策的定义比较宽泛。《中国法学大词典·法理学篇》指出,政策是国家为达到目的而采取的政治策略和经济手段,是统一的行动准则,还是行动的指导方针^[12]。不难发现,政策在学理探讨层面,呈现出多样化的状态,因此,本研究延续学界对政策较为宽泛的定义,不强调政策本身的具体形态,更关注政策本身的准则性与指引性,将正式的法律、法规、计划、意见、战略、指示、管理办法、实施细则均囊括为政策范围。

2. 研究方法

首先,运用描述性分析法,对目前中央和地方发布的与 CCUS 相关的政策文本的演进阶段及其特点进行分析。随着习近平生态文明思想的发展,CCUS 政策的载体和表现形式不断更新,CCUS 领域的政策颁布数量在不同时间段的分布在一定程度上反映了碳捕集和封存工艺的发展速度以及历程,对这一演进过程进行分析证成,有助于为低碳政策在新时代的更新发展提供理论支持,理解 CCUS 相关政策的演进逻辑,并对我国 CCUS 政策格局的未来前景进行合理展望。本研究主要采取内容分析法,从

整体上把握政策文本分析的发展脉络,对搜集到的 143 份政策文本进行客观系统描述。

其次,构建以“政策工具-目标领域-政策力度”为内容的三维分析框架,通过质性数据分析软件 NVivo 12plus,以三维分析框架为基础建立节点和子节点,对 143 份政策文本内容以定量的方式进行分类,以政策文本中的段、句、词作为分析对象,按照“政策编号—政策条款”的方式对其进行顺序编码,统计出 1 247 个分析单元(表 2)。以此为基础,将 CCUS 政策作为“过程”呈现出来,从而挖掘政策文本的深层含义和特征,对各维度的分析单元进行内容分析。

最后,在分析过程中,借助 Gephi 软件以可视化形式呈现数据趋势和结构,提取政策文本中的发文部门,结构化编码形成发文部门之间客观的关系数据,构建政策发布主体的合作矩阵。运用该方法可对 CCUS 政策主体维度的编码节点的分布特征进行分析,从而考察不同发文部门之间的互动关系、计算合作网络的结构特征、测量网络节点之间的强度并揭示各主体间的微观结构。在网络结构图中,点代表着政策颁布主体,连线代表着政策颁布主体之间的关系。

表 1 2006—2022 年与 CCUS 相关的核心政策梳理(示例)

编号	颁布日期	政策文号	政策名称	关于 CCUS 的相关表述
1	2006-02-07	国发〔2006〕6 号	《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》	实施激励低碳技术创新的财税政策,实施促进低碳创新创业的金融政策,提高全民族科学文化素质,营造有利于科技创新的社会环境。
2	2013-04-27	发改气候〔2013〕849 号	《国家发展和改革委员会关于推动碳捕集、利用和封存试验示范的通知》	结合碳捕集和封存各工艺环节实际情况开展相关试验示范项目,开展碳捕集、利用和封存示范项目和基地建设,加强碳捕集、利用和封存发展的战略研究和规划制定,推动碳捕集、利用和封存相关标准规范的制定。
3	2021-01-11	环综合〔2021〕4 号	《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》	有序推动规模化、全链条二氧化碳捕集、利用和封存示范工程建设。鼓励开展温室气体与污染物协同减排相关技术研发、示范与推广。
4	2021-10-26	国发〔2021〕23 号	《2030 年前碳达峰行动方案》	推广先进适用技术,深挖节能降碳潜力,鼓励钢铁联合产,探索开展氢冶金、二氧化碳捕集利用一体化等试点示范,推动低品位余热供暖发展。
⋮				
142	2022-06-17	环综合〔2022〕42 号	《减污降碳协同增效实施方案》	加强氢能冶金、CO2 合成化学品、碳捕集与利用等技术试点应用。开展协同创新,推动碳捕集、利用与封存技术在工业领域应用。
143	2022-04-19	教高函〔2022〕3 号	《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》	加快碳捕集、利用与封存相关人才培养。针对碳捕集、利用与封存技术未来产业发展需求,推动高校尽快开设相关学科专业,促进低碳、零碳、负碳技术的开发、应用和推广,为未来技术攻坚和产业提质扩能储备人才力量。

表 2 2006—2022 年 143 份 CCUS 政策文本编码样例(节选)

序号	政策名称	CCUS 政策文本的内容分析单元	编码
1	《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》	实施激励技术创新的财税政策;	1-33
		实施促进创新创业的金融政策;	1-37
		提高全民族科学文化素质,营造有利于科技创新的社会环境	1-46
3	《中国应对气候变化科技专项行动》	控制温室气体排放和减缓气候变化的技术开发;	3-7
		CCUS 被列为应对气候变化重点任务;	3-11
		加大人才培养和引进力度;	3-12
		加强科学普及	3-14
13	科学技术部关于印发“十二五”国家碳捕集利用与封存科技发展专项规划的通知	促进碳捕集、利用与封存技术发展的政策与法规研究;	13-20
		建立 CCUS 信息数据库与技术标准及规范体系;	13-21
		加强创新团队与人才建设	13-26
94	中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见	推进规模化 CCUS 技术研发、示范和产业化应用	94-21
		加大对 CCUS 项目的支持力度;	94-30
		研究碳减排相关税收政策	94-32
143	《关于印发武汉市应对气候变化“十四五”规划的通知》	严格控制温室气体排放;	144-11
		完善应对气候变化政策体系;	144-13
		推动碳金融产业建设和创新	144-14

三、CCUS 政策文本的三维分析框架

总体来看,环境政策量化研究大多基于政策工具视角对政策文本进行分析,较少关注政策作用领域以及对政策力度评价的研究。但因 CCUS 产业科技含量高、行业格局广、产业关联强,不仅需要衡量不同类型的政策工具,更需要从微观层面考量政策目标领域、政策制定主体、政策发布力度等情况,从而实现对 CCUS 政策扩散路径与政策发展趋势的预判。为科学地呈现政策事实特征并对政策微观维度进行量化分析,将 CCUS 政策置于“政策工具(x 维度)—目标领域(y 维度)—政策主体(z 维度)”的三维结构(图 1)。通过确定各个维度的测量指标和具体内容,系统评估 CCUS 政策的质量、执行力以及现行政策中存在的问题,从而把握政策发展方向,并在此基础上提出 CCUS 政策优化策略。

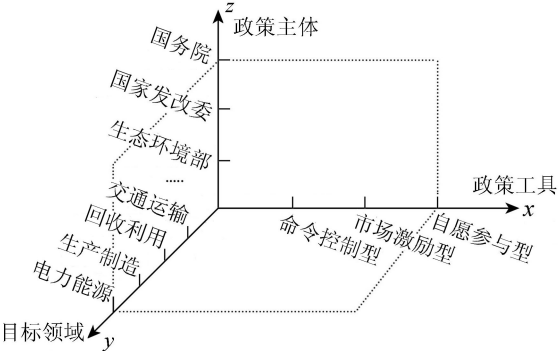


图 1 CCUS 政策三维分析框架

1. x 维度:政策工具

以政策工具为分析切入点,有利于增强政

策制定的系统性和执行的科学性,扩大政策影响范围,促进政策实施效果^[13]。依据不同的分类标准,可将政策工具分为不同类型。以政府介入强度为标准,可以划分为强制性政策工具、混合型政策工具和自愿性政策工具^[14];以政策目的为标准,可以划分为命令性工具、激励性工具、能力建设工具和系统变化工具^[15];以政策工具影响方式为标准,可以分为供给型、环境型和需求型等工具类型^[16];以政策工具的功能为划分依据,可以分为规制型工具、社会型工具和激励型工具。除了以上常见的划分类型,也有学者在研究过程中聚焦更为细微的领域,将低碳政策工具划分为再生能源许可、绿色发展投资、能源税、绿色交易许可等 10 种^[17]。

考虑到低碳经济的特殊性以及中国未来低碳转型的现实要求,结合中国现有的 CCUS 政策特点,将 CCUS 政策工具分为命令控制型工具、市场激励型工具与自愿参与型工具。其中,命令控制工具是指通过设计行业技术标准、企业排放标准,对 CO₂ 排放者提出管制要求,让企业必须按照符合低碳发展需要的 CCUS 技术进行技术转换和推进生产;市场激励型政策工具是指通过运用税费补贴、用地支持、融资支持等经济手段,在成本效益方面引导企业自愿参与 CCUS 技术产业活动,形成可持续发展的竞争优势格局;自愿参与型政策工具是指通过营造市场氛围、加大宣传力度、提升基础环境建设,提高消费端对低碳产品的偏好,降低企业自愿

减排所承担的成本,让企业自愿投入 CCUS 相关产业链(表 3)。

表 3 政策工具编码规则

政策工具类型	范畴
命令控制型	管制、总量控制与标准体系、结构调整、制度建设
市场激励型	财政补贴、税收优惠、金融支持、市场机制
自愿参与型	主体参与、表彰奖励、环境建设、人才培养

2.y 维度:目标领域

政策目标领域旨在分析 CCUS 政策文本中低碳排放所针对的领域或行业。政策是政府注意力的规范表达,事实上,政府的注意程度存在应然与实然两重维度,可以将政府是否应该注意和政府实际上是否注意作为标准,对 CCUS 政策领域政府注意力的分配情况进行测量。CCUS 政策目标是构建化石能源近零排放与资源循环利用互补机制,实现 21 世纪 2℃ 升温控制,减少在水泥、钢铁等传统高污染领域的高排放,抵消 CO₂ 的排放,最终助力碳达峰、实现碳中和目标。笔者期望通过对政策目标领域的分析,衡量 CCUS 政策对重点领域的关注程度,考察政府是否存在注意力配置偏差,进而为后续产业布局和政策完善提供制定依据。

“双碳”目标下,需要为庞大的煤基能源产业以及钢铁、水泥等难以完全电气化的行业寻找绿色出路。据统计,碳排放占比最高的是水泥、钢铁、塑料等行业的生产和制造行为产生的,电力生产和储存次之。所以,电力能源、生产制造、回收利用、交通运输等领域应是 CCUS 政策应然关注的核心领域^[17]。通过在政策文本编码过程中的不断调整和复盘,同时结合专家学者对 CCUS 政策目标的阐述,将中国 CCUS 政策目标领域分为 4 个方面(表 4)。

3.z 维度:政策主体

政策主体是指依照法定程序参与、制定、颁布相关文件的组织机构^[18]。CCUS 政策发布主体及主体间的合作状况是政策制定过程中的关键因素,对此进行量化分析可以梳理出政策发布主体的层级特征、中心度以及各主体间的协同程度,从而规范 CCUS 政策制定、执行、监督和评估等各个环节^[19]。此外,由于政策发布主体的行政权力层级与政策力度相关程度较高,

本部分拟对政策力度一并予以分析。一般来说,行政权力机构的层级越高,发布的政策力度越大^[13]。参考彭纪生等对政策力度量化标准^[20],将 CCUS 相关政策分为 5 个等级,从高到低用来描述政策力度的大小(表 5)。

表 4 政策目标领域编码规则

政策目标主要领域类型	主要范畴
电力能源	电力行业、节能工程、风机、耗能设备和产品、重点用能单位……
生产制造	制造业、水泥厂、造纸厂、畜禽养殖场、火电厂、钢铁厂……
回收利用	再生能源、再生资源、填埋、废物处理、可回收物……
交通运输	交通运输、公路工程、新能源车船、流通领域……

表 5 政策力度量化表

赋值	政策力度
5	全国人民代表大会及其常务委员会颁布的法律、法律解释
4	中共中央与国务院颁布的条例、规定、规划、纲要、意见
3	国务院各部委的条例、决定、规定
2	地方性法规、自治条例和单行条例、规章
1	其他规范性文件

四、基于 143 份有效政策的文本分析

1. CCUS 政策的演进历程及结构特征

完成 143 份 CCUS 政策的基本信息整理统计后,通过回顾中国 CCUS 政策发布的数量和主题,将政策发展的阶段分为蓄势启动阶段、建设规划阶段、快速推进阶段、健全丰富阶段。总体来看,在“双碳”目标导向下,系列政策的适时发布有力促进了 CCUS 产业的整体布局与发展。

(1)2006 年以前:蓄势启动阶段

相较国外发达经济体,我国 CCUS 政策起步相对较晚。1992—1994 年,原国家计划委员会和国家科学技术委员会编制的《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》提出了一个综合性可持续发展战略框架,明确要控制 CO₂ 的排放,但是《中华人民共和国大气污染防治法(修订)》并没有将 CO₂ 规定为污染物。囿于缺乏国内立法支持,这一阶段中国的政策没有给予 CCUS 过多关注,政策文本数量极少,尚在蓄势启动。尽管受国际气候变

化谈判影响,温室效应与气候变化问题的讨论度不断上升,但在全球范围内,2006年以前CCUS相关的技术标准研究和规范性文件都没有明显的数量增长,我国也未将CCUS技术、CO₂零排、负排上升至国家战略高度。

(2)2006—2010年:建设规划阶段

自2006年起,我国正式提出要鼓励、支持CCUS技术的开发与应用。“十一五”规划纲要提出要在“十一五”期间实现单位国内生产总值能源消耗降低20%左右的能源减排目标。同时,国务院《国家中长期科学和技术发展规划纲要》将CCUS列为实现CO₂近零排放的前沿技术之一,明确提出推动化石能源零碳化开发利用。此后,中央层面积极制定CCUS相关的政策,并且成立了国务院节能减排工作领导小组,以实现《中国应对气候变化国家方案》提出的减排目标。

2006—2010年,国家发布的CCUS相关政策文件主要有7项,虽然CCUS政策数量不多、手段较单一,但是这些规划为中国CCUS政策体系的建构与完善奠定了基础。这一时期的政策旨在规范与促进CCUS产业发展,具体内容涉及目标规划、技术标准等,此外还建立了一系列封存场地选择、许可、监测与报告制度,主要涉及碳捕集与封存,但没有对碳利用问题给予足够的重视。针对碳封存环节,我国首个CCUS专项政策文件《中国二氧化碳储存地质潜力调查评价实施纲要》对储层CO₂埋存场地选址、地址适应性评价、盐水层封存技术及项目展开进行了系统的规范^[3]。综合来看,尽管这一阶段的CCUS政策框架已初步建立,但政策目标、规制模式和规制领域有待进一步明确,对碳利用的支持力度有待提高。

(3)2011—2019年:快速推进阶段

党的十八大以来,中国以更加积极的姿态应对气候变化问题,“能源低碳化事关人类未来”已经是全球共识,低碳技术、绿色发展等理念在政策层面得到贯彻落实。在低碳转型变革的背景下,国家层面逐步认识到CCUS对全球温室气体减排的重要意义,在政策层面围绕CCUS关键技术展开了系统探索,CCUS技术研发态势持续向好,迎来了首个发展高峰期。

《国家“十二五”科学和技术发展规划》首次将CCUS技术作为节能环保领域战略性新兴产业的重要技术。此后,CCUS政策数量大幅增加。2011—2019年,中央到地方围绕CCUS出台了系列政策和措施,陆续发布了58项政策,确定了CCUS技术对于缓解温室效应的战略意义,提出了CCUS规模化发展的阶段性目标,并从基础设施建设、示范项目部署等方面积极推动CCUS技术的落地,低碳技术与产业发展日渐系统化。同时,CCUS技术成果被列入国家发改委重点推广的低碳技术目录,试点示范工程项目的落地建设,进一步推动了CCUS政策的发展。

这一时期的政策内容强化了对CCUS技术应用的基础性研究,通过明确战略目标、制定标准规范、建设示范项目、强化风险评估等多元化手段,完善了CCUS政策的初步布局。此外,为推动CCUS示范项目应用与商业化进程,政策层面开始探索制定符合中国国情的CCUS财税补贴条款和多元化的财政激励手段,打开了CCUS项目在不同开发阶段的融资渠道。如,《绿色债券支持项目目录》列明,绿色债券支持CCUS工程建设和运营;中国人民银行推出了“碳减排支持工具”,引导金融机构在CCUS项目发展过程中为其提供碳减排贷款和低成本资金。此后,多地政府也随之发布了细化政策,提供不同程度的补贴与资金支持助力CCUS发展。2016年以来,得益于政府的支持,中国绿色债券市场迅速扩张。目前,中国已成为全球第二大债券发行国(仅次于美国),累计发行量达到1600亿美元。同时,通过试点示范工程项目,为建设规模化的CCUS商业项目奠定了基础。

(4)2020年以来:健全丰富阶段

自2020年中国政府提出“双碳”目标以来,政府开始注重低碳发展的实际效果和社会效益,推动CCUS产业链向更深层次、更广泛领域拓展。2021年《烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准》《绿色债券支持项目目录》等政策的发布,标志着我国在CCUS技术标准、金融融资制度上取得了一定进展;《关于请报送二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)项目有关情况的通知》等政策的发布,启动了CCUS工程示范项目的投运与建设。目前,我国已投运建设的

CCUS 示范项目遍布 19 个省份,主要集中于石油、煤化工、电力等行业,捕集能力和关键技术进展显著。

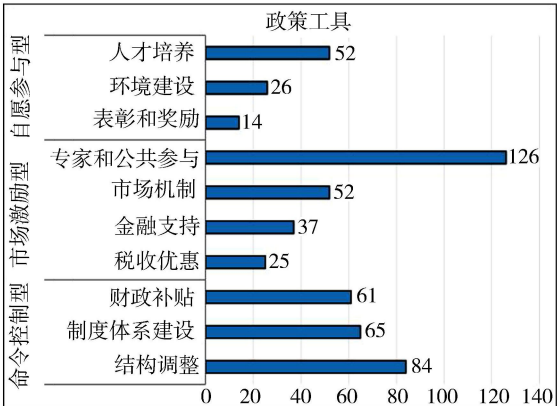
虽然我国 CCUS 产业发展迅速,但整体规模较小,示范工程项目技术主要以捕集驱油、罐车运输、地质利用与封存为主,缺乏大规模的全流程工业化示范^[21]。对此,多地地方政府已经逐步展开与企业合作的模式,共同打造了绿色低碳示范项目,通过建设碳捕集利用与封存全产业链示范基地,为中国开展百万吨级 CCUS 示范项目提供了可复制、可推广的商业化实践经验^[22]。总体来看,我国 CCUS 仍处于发展早期,已具备一定碳捕集、利用与封存的工程能力,除了规模化商业示范项目少,我国 CCUS 产业发展在重点行业分布、源汇匹配现状、离岸封存技术、商业化应用基础以及减排潜力等方面仍然较为薄弱^[23]。

2. 基于政策工具维度的分析

经统计,政策工具维度共获编码节点 777 个。在工具类型上,CCUS 产业的推进兼顾命令控制型、市场激励型和自愿参与型这 3 种政策工具,但政府部门对不同政策工具的依赖程度存在较大差异(图 2)。此外,还呈现政策工具内部结构分布不均衡的态势,不同政策工具的关注焦点和配置各有侧重。

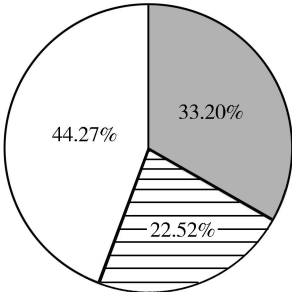
(1)命令控制型政策工具

在推进 CCUS 技术应用和产业化发展的过程中,命令控制型工具使用频率最高。据统计,命令控制型工具编码点共 344 个,占比高达 44.27%,这表明在 CCUS 技术推进过程中,政府偏好于依靠强制性的行政手段推进 CCUS 技术的发展和运用,通过管控色彩较为浓厚的命令控制型工具调整碳汇产业结构和碳减排目标,为 CCUS 技术落地提供政策层面的强制力和约束力。缘由在于,低碳产业转型过程中不可避免会存在新旧动能转换困难、产业衔接不畅、相关配套设施缺位等问题,特别是对于煤炭资源依赖型城市而言,CCUS 政策的实施可能打破当地基于资源禀赋形成的产业格局,所以一些发展模式较传统的企业客观上可能会存在抵制低碳经济发展的动因^[24]。面对 CCUS 产业发展高成本、效能低的问题,政府强制性的政



(a) 不同政策工具应用频次

□ 自愿参与型 ■ 市场激励型 ▨ 命令控制型



(b) 不同政策工具应用的占比统计

图 2 政策工具维度的政策频次统计

策扶持和市场保护成了低碳经济转型过程中的必然选择。

在命令控制型政策工具内部,使用频率较高的是总量控制与标准制定(99 次)、技术管制(96 次)、结构调整(84 次)、制度体系建设(65 次),分别占比 28.78%、27.91%、24.42%、18.90%。这表明在 CCUS 产业发展的早期阶段,标准制定、技术管制以及结构调整是核心政策工具,政府希望通过强力的限制性措施促进技术迭代和产业升级,推动低碳能源体系的结构转型,淘汰落后产业,助力碳减排工作以科学、高效、规范的方式发展。高强制性的命令控制手段的确有利于规范碳捕集利用与封存技术的应用发展,但权威工具容易导致政策执行无法灵活变通,从而降低政策执行的效果。

(2)市场激励型政策工具

市场激励型政策工具编码点 175 个,占比 22.52%,这表明包括资金保障、税收减免、绿色债券、低碳基金等市场激励型政策尚未受到足够重视,我国仍没有形成适合 CCUS 技术商业化发展的激励环境。通过对政策文本的分析可以发现,我国针对 CCUS 发布的市场激励型政

策绝大多数为指导性、鼓励性条款,缺乏对关键领域和具体环节的财政补助措施和财税激励举措。成本问题是影响 CCUS 大规模商业化应用的重要因素之一,CCUS 领域财税激励政策、投资标准体系以及绿色投融资机制的缺位会降低企业开展 CCUS 示范项目的积极性,拉高 CCUS 领域的投资风险,导致工程示范项目与商业化进程进展缓慢。

在市场激励型政策工具内部,使用频率最高的手段是财政补贴(61 次)和构建市场参与机制(52 次),分别占比 34.86% 和 29.71%,这表明 CCUS 技术从早期示范阶段进入商业化应用阶段的过程,政府更偏向于采用直接的经济激励形式达成政策目标。此外,由于规模化 CCUS 项目通常涉及多行业、跨地域、多部门,需要将政府、企业、公众等的多元力量纳入 CCUS 产业格局^[25],所以政府希望积极构建多元化的市场参与机制,调动各方主体积极参与 CCUS 项目,推动形成政府、企业、个人等多元主体共治格局,为行业发展提供强有力的支撑作用。然而在实践中,目前国内 CCUS 各环节的企业参与程度较低,项目运行模式也较为单一,据中国 21 世纪议程管理中心数据统计,中国已投入运营与建设中的 CCUS 示范项目近百个,项目主要由国央企主导^[26]。虽然某些民营企业已逐步参与,但民营资本占有率仍然很低。

相较前两种类型而言,税收优惠(25 次)在市场激励型政策内部占比较小,共计 14.29%。对市场激励型政策内部与 CCUS 技术相关的税收条款予以分析发现,针对 CCUS 产业发展的税收优惠政策条文分布较为分散,各个环节之间的协调性不足,税收优惠政策的系统性较弱。比如,除企业所得税的“三免三减半”优惠外,其他税收优惠均针对碳捕集、利用与封存等单一环节设置,导致各政策措施无法形成合力,这说明目前我国目前税收优惠力度不够,尚未形成针对 CCUS 技术全环节的税收优惠体系,无法改善目前实践中广泛存在的 CCUS 示范项目成本高、收益低的现象。

(3) 自愿参与型政策工具

自愿参与型工具具有低成本、低强制力的特点,通过加大宣传力度,可以提升公众参与

度,让多元主体自愿投入 CCUS 相关的产业链。统计显示,在自愿参与型工具中,编码点共 258 项,占比 33.20%,自愿参与型工具的使用频率介于其他两种工具类型之间。其中,主体参与(126 次)、环境建设(62 次)两种手段运用的频次最多,分别占比 48.84% 与 24.03%。

主体参与是调动各方主动参与 CCUS 产业链的有效手段,政府希望积极调动公众、企业、专家等主体主动参与 CCUS 项目的研究和运行,鼓励符合市场机制的商业模式自由运作,推动 CCUS 产业向集群化方向发展,通过规模效应降低成本。此外,我国政策比较注重基础环境建设,CCUS 属于资本密集型项目,离不开大规模基础设施的建设和使用,由公共财政负责承运管道、运输路线以及其他建设成本是 CCUS 必不可少的一个环节,这些基础设施的建立必须得到政策的扶持。

CCUS 技术创新需要多元化高层次人才支撑,目前在自愿参与型政策中,人才培养类政策占比 21.71%,表明政府较为注重 CCUS 领域的人才培养。2022 年教育部印发的《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》将 CCUS 产业相关的人才列为三大紧缺人才之一,提出要根据 CCUS 产业的转型升级,将碳储科学与工程、碳资产管理、地质资源与工程等学科纳入高等教育的专业目录,促进 CCUS 技术开发与推广应用,为低碳管理和绿色产业储备复合型人才。而在自愿参与型政策工具中,使用最少的手段是表彰奖励(14 次),仅占比 5.43%。奖励嘉许制度是 CCUS 产业建设的重要内容,对于提高市场主体积极性,改善目前国内 CCUS 各环节企业数量少、项目商业模式单一的现状具有现实意义。但目前 CCUS 领域的奖励嘉许条款占比较小,提高奖励嘉许制度的占比、强化表彰奖励政策的刚性约束力、增强表彰奖励政策的可操作性应当是未来 CCUS 政策完善的重要方向之一。

3. 基于政策目标领域的分析

在政策目标领域内部,编码节点共计 470 个。在不同时期,各政策目标领域的数量占比发生明显变化。2006—2010 年,政策目标领域并不明晰,对电力能源、生产制造、利用回收、交

通运输领域手动编码得到的节点数量较少,数量分别是11、10、7、6。自2010年开始,在科技部《国家“十二五”科学和技术发展规划》、工信部等《工业领域应对气候变化行动方案》、发改委《关于推动碳捕集、利用和封存实验示范的通知》、科技部等《中国碳捕集利用与封存技术发展路线图(2019版)》、环境部《关于加强碳捕集、利用和封存实验示范项目环境保护工作的通知》等文件的指导下,CCUS政策目标领域逐步扩展到电力能源、利用回收、交通运输等领域。

中国CCUS一代技术和二代技术主要应用于燃煤电厂,但2020年以来,CCUS技术被纳入诸多新兴领域,特别是在电力能源、生产制造、利用回收、交通运输等目标领域,政策数量的年均数量大幅增加,增幅达238.36%、213.70%、162.30%和205.88%。在数量上,电力能源、生产制造、利用回收、交通运输共4个领域手动编码得到的节点数量分别是58个、52个、33个、35个。这表明,电力(煤电)能源和生产制造逐步成为CCUS政策规制的重点领域,在政策的导向下,目前实践中碳捕集的应用场景主要集中于电力、工业和交通等领域。根据国家能源局的数据,我国已投运和规划中的示范项目达到40余个,遍布19个省份,主要集中于石油、煤化工、电力行业等目标领域,但其中水泥和钢铁行业已投产、启用的示范工程项目规模较小(均不超百万吨),这说明,我国大规模CCUS全流程示范项目产业链尚不完善。事实上,目前碳捕集能力达100万t级别的全流程CCUS示范项目极少(目前仅有齐鲁石化-胜利油田一个百万吨级CCUS项目已注气运行),但从理论角度出发,我国地质封存量级可达万亿吨级,所以目前来看,相关技术仍处于迭代升级的关键期,未来亟需与国际接轨,为CCUS项目的规模化、工业化、商业化做好准备。

4. 政策文本发布主体的特征及其政策力度分析

通过对纳入研究的CCUS政策文本进行分析可以发现:第一,我国CCUS政策文本的发布主体较多。通过对有效政策文本的梳理,CCUS政策的发文主体涉及国务院、生态环境部、交通运输部等22个政府部门,各部委分别针对CCUS的发展路线、技术研究、产业链示范建

设、行业减排、投融资支持等不同领域陆续发布了相关的政策文件。其中,国务院是中央层面出台相关政策最多的主体,共发布13项政策,发文量约占9.09%。国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)、生态环境部、科学技术部也是CCUS相关政策的主要发布主体,这反映出CCUS技术链条涉及不同行业 and 部门,需要开展从捕集到封存的多项集成技术,其发展过程复杂、涉及利益面广,需要多个部门对其予以规制。当然,目前的政策虽然在低碳发展、行业减排、科技发展等多个政策中有所体现,但缺乏协同,尚未形成合力。此外,以地方人民政府作为发布主体的文本数量为71个,其中内蒙古自治区颁布相关政策最多,内容涉及CCUS技术研发、应用推广、工程建设等。地方政策文件总体显示了地方政府对CCUS的重视与支持,为行业的良好发展提供了强大的基石。需要注意的是,大量地方性工作文件虽然能提高政策的可操作性,有利于各地区针对差异化的社会结构和资源特征规划相应的政策,但同一力度的文件数量过多可能会导致政策之间的重叠和冲突,影响政策执行的稳定性和实施效果。

第二,基于对政策颁布主体网络结构及其变化的分析,可以建立起宏观环境与各类组织的联系。从合作广度来说,政策制定主体呈现跨部门联合程度增强的趋势。为了探究政策主体之间的合作程度和发展趋势,将CCUS政策主体数据导入软件,对政策主体间的网络结构进行分析发现,整个合作网络呈现出以生态环境部和国家发改委为主导,以中国人民银行、中国证券监督管理委员会、财政部、科学技术部、工业和信息化部、国有资产监督管理委员会等为局部核心的多主体协同格局(图3)。经计算,网络密度为0.088,平均度为1.762,平均凝聚系数为0.216。网络密度是实际中存在的关系总数与理论上最大关系数的比值,政策网络的网络密度用以测量整体网络结构特征,以衡量整体网络的集中性和分散性特征,数值越高,规模越大,联系越多,网络结构越复杂;平均度是节点的一个关键属性,表示该节点和其他节点之间的连接个数,可用以描述整体网络的可达性,密度越大,中心度越高,距离越小,网络联系越

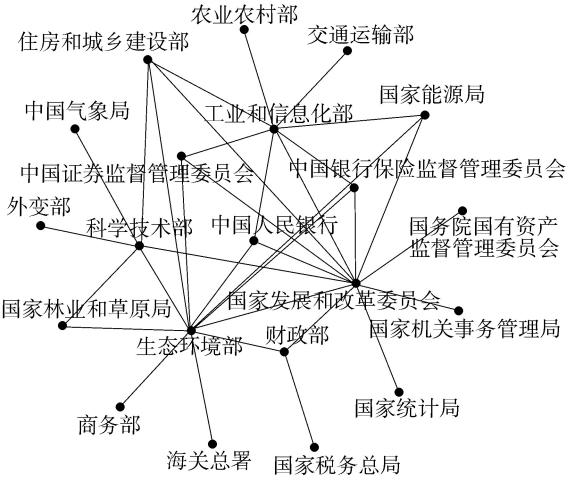


图3 政策发布主体合作网络

紧密。目前的数据说明,近年来出台 CCUS 政策的主体部门不断增多、联系紧密度不断加强,但总体上依然存在跨部门的合作联系密度不高的问题,各部门缺乏合作治理的基本共识,联动意愿不足。

第三,政策发文主体层级较低,政策公信力及强制性程度不足。一般来说,政策颁布机构的级别越高,政策实施力度越强。基于政策文本的发布主体特征对 CCUS 政策力度进行量化分析发现,占比最多的政策文件类型为地方性工作文件,占全部政策文本的 69%(图 4)。当然,地方规范性文件与地方工作文件占比较高,也反映出区域性 CCUS 政策体系较为完善。而政策力度较高的法律以及国务院颁布的条例、规划、纲要数量偏少,与 CCUS 直接相关内容在全文占比较小,仅有 10 份,占比 9.43%。政策发文主体层级不高,说明政策支持力度较低,在实施过程中缺乏强制性与权威性,影响政策体系的系统性与实用性。

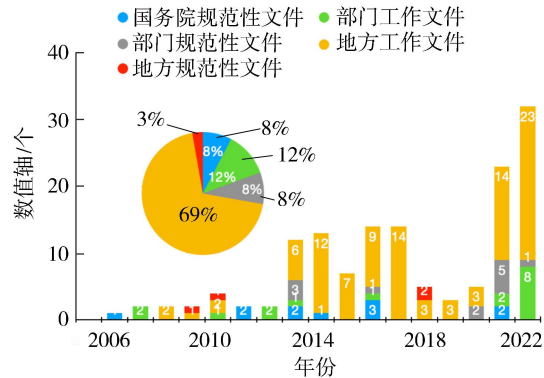


图4 政策类别、频数、年度分布

五、结论及对策建议

1. 研究结论

本研究通过构建政策分析的三维分析框架,基于扎根理论,运用多元分析方法对我国中央行政机关和地方政府出台的 143 份 CCUS 政策文本进行研究可知:第一,政策力度较低,综合性专项政策缺位。从目前 CCUS 政策的发展阶段及政策内容来看,虽然近年来 CCUS 政策增速明显,但其分散在不同领域,侧重点各有不同,导致 CCUS 产业发展依然存在综合性专项政策缺位的问题。在政策结构内部,政策力度较高的法律以及国务院颁布的条例、规划、纲要数量偏少,政策发文主体层级不高,存在政策支持力度较低、政策主体联动不足、政策强制性与权威性不足等问题,从而影响政策体系的系统性与实用性。

第二,政策工具配比失衡,内部结构有待优化。当前的 CCUS 政策文本中存在政策工具使用比例失衡的现象,命令控制型工具占比较高,市场激励型和自愿参与型工具的使用频次较少,这在一定程度上影响了政策实施的结构和政策执行的效力。在政策工具内部,命令控制型政策工具应用存在过溢现象,其在各政策类型中的使用量占比接近 50%,总量控制与标准制定、技术管制、结构调整等手段是核心政策工具,政府希望通过高强制性的命令控制手段促进技术迭代和产业升级,助力碳减排工作以科学、高效、规范的方式发展。然而,权威工具容易导致政策执行无法灵活变通,从而降低政策执行的效果。目前,自愿参与型工具的使用频次逐步上升,我国政策比较注重基础环境建设以及对 CCUS 领域的人才培养,希望通过自愿参与型政策让多元主体自愿投入 CCUS 相关的产业链。但市场激励型政策尚未受到足够重视,资金保障、税收减免等政策工具的应用占比较低,绿色债券、低碳基金等政策工具处于政策网络的边缘位置。总体来看,各类政策工具存在应用比例失衡的问题,自愿参与型政策与市场激励型政策尚在起步阶段,亟待完善。

第三,政策战略使命逐期清晰,但 CCUS 产业布局尚不完善。通过对目前中央和地方发布的与 CCUS 相关的政策文本的结构特征进行系

统分析发现,我国政策初步对 CCUS 产业结构予以布局,重点领域和关键环节的技术研发已逐步展开应用,但 CCUS 产业链仍不完善,CCUS 发展存在捕集技术能耗和成本总体偏高、驱油封存一体化技术有待进一步研究、封存安全性的监测和评估技术体系尚未建立、源汇匹配程度不足等问题。事实上,CCUS 涵盖碳捕集、运输、封存、监测、利用等众多环节,作为一个体系化的产业机制,其上下游产业空间布局、产业匹配程度对于 CCUS 项目控制成本,进而推动商业化发展至关重要。通过对政策目标领域的分析发现,目前政策并没有聚焦于政策目标领域的现实需求以及排放源和封存场地的匹配程度,对 CCUS 产业链布局尚不够完善。

2. 研究建议

(1) 强化政策力度,构建面向碳中和目标的 CCUS 专项政策

中国 CCUS 发展的制约因素不仅在于技术成熟度的不足,更在于缺乏权威、系统、可执行的政策体系^[27]。由于 CCUS 项目开发的各个环节涉及复杂利益主体的权利责任、空间利用权的许可、环境污染责任的分配以及技术性知识产权的保护等诸多内容,其发展运行需要明确的规范体系进行监管和保障,因而针对 CCUS 的制度设计应充分体现系统性、整体性、综合性的特点。针对此,笔者建议完善面向碳中和目标的 CCUS 政策体系,在现行政策体系框架下重新定位 CCUS 的战略功能与技术定位,强化政策力度,建立促进 CCUS 产业发展的专项政策,及时将前期政策探索、地方试点得到的成果纳入 CCUS 法律法规体系,并制定详细的实施计划,推动 CCUS 产业的发展。

从比较法视阈来看,为规范与促进 CCUS 产业发展,美国、欧盟、英国、日本、澳大利亚、新加坡等世界主要经济体均制定了相对完善的专项政策,并通过宣传教育,提高社会对于 CCUS 技术的接受程度^[8]。美国于 2008 年通过了《CO₂捕集、运输和封存指南》,此后,各职能部门和各州完成了对《碳捕集与封存技术及早期部署法案》《清洁能源与安全法案》等法律法规的修订,鼓励水泥、火电、钢铁、化工等重点行业及早部署 CCS 技术^①,初步建立了 CO₂ 捕集、地质

封存的具体规范体系。欧盟于 2009 制定了《CCS 指令》,构建了体系化的法律监管制度,对 CO₂ 地质封存场地选址、封存许可证发放、封存场地运营和监控等方面进行了详细的规制^[28]。此外,欧盟针对 CCS 的不同环节设置了差异化的指令,详细规范了运输要求、封存许可与场地选择、环境风险评估、限制热电厂排放 CO₂ 进入大气指令以及环境损害责任问题指令等^[29]。澳大利亚推出了《CCS 监管指导原则》《温室气体地质封存法》《修订海洋石油法》等政策来支持 CCUS/CCS 的部署,实施了首个 CO₂ 减排财政激励计划(亚太地区),规范了 CCUS/CCS 的运行过程,并关注到 CO₂ 的泄漏风险、各环节的安全隐患、封存责任等多元风险^[30]。

与发达国家相比,我国 CCUS 技术的应用规模和盈利能力仍处于初级阶段,“政策环境”建设明显不足,因此可以主动借鉴欧美发达国家成功的实践经验,尽快建立促进 CCUS 产业发展的专项政策,政策的具体部署可以从以下 5 个方面展开:其一,制定国家层面的 CCUS/CCS 技术发展路线图,明确不同发展阶段的技术方向以及碳捕集、运输、利用与封存各环节的研发重点,强化国家层面对 CCUS 政策的宏观指导。其二,在捕集、运输、利用和封存等环节,对 CCUS 产业的项目选址、建设运行、监测报告、风险评估、产权核查等内容予以规范。其三,推进 CCUS 领域的市场激励政策,引导民营资本积极参与,明晰各方收益分享原则与责任分配机制。其四,强化政策主体联动,激活市场发展活力。多方主体协同发力,明确 CCUS 行业规范、产业格局以及科学合理的标准体系,从而保障 CCUS 项目的安全有效地持续发展。其五,综合考虑 CCUS 当下的发展阶段与未来发展前景,逐步开展大规模、全流程示范项目研发,确保项目有效落地^[31]。

(2) 高效配置多元政策工具,构建政策工具的综合应用模式

为平衡政策工具结构,达到政策效果,应积

① CCS 是 Carbon Capture and Storage 的简写,意指对氧化碳进行捕获和存储,CCUS 在 CCS 的基础上增加“碳利用”环节。

极协调政策工具使用比例。虽然衡量不同类型政策工具的所占比例并没有绝对标准,但是在当前政策存量具备基础的情况下,发挥主要驱动作用的政策工具需要转化,可逐渐降低命令控制型工具的占比,高效合理配置多元政策工具,增加多元政策工具间的协同性,充分发挥综合性政策工具的价值。

一方面,强化市场激励型政策的占比,加大政府对 CCUS 的金融支持,探索将 CCUS 纳入碳市场,引导投资机构加大投资力度,构建兼具灵活性与稳定性的投融资市场激励机制。目前来看,CCUS 技术的高运行成本、高投资规模仍然是制约项目落地的关键因素,但现有政策缺乏实质性的激励条款且存在政策条文分布分散、系统性较弱的现实情况。针对 CCUS 产业运行成本高的问题,美英等发达国家构建了相关的投融资机制,研究制定了市场激励政策,通过政府补贴、低碳基金、发行债券、企业投资、双边政府补助等方法,鼓励私人资本的长期稳定参与,基本形成了政府鼓励引导、企业积极参与的 CCUS 绿色资金投资体系^[32]。所以,在市场激励型政策建设方面,可借鉴国外 CCUS 政策对资金激励、碳税优惠、税收抵免的相关规定,从以下 3 个方面出发,构建中国 CCUS 市场激励型政策:第一,拓宽 CCUS 项目的投融资渠道,鼓励私人部门和社会资本参与投资 CCUS 研究和项目运行,通过发行绿色债券、提供贷款担保、进行股权投资等方式支持项目运行,鼓励符合市场机制的商业模式的自由运作^[4]。第二,探索将 CCUS 纳入清洁发展机制(CDM),构建碳排放交易市场。清洁发展机制被认为是解决碳捕集、利用与封存过程中投融资困难的重要方法之一,其发挥机制是允许发达国家购买发展中国家核证减排当量(CERs),从而实现减排量抵消额的转让与获得。第三,设置相关标准对符合条件的 CCUS 参与企业进行税收抵免,通过制定阶梯式的税收政策,激发资本主体积极参与,协同推动 CCUS 商业化发展。

另一方面,重点发挥自愿参与型政策工具的作用,驱动多元主体的潜在动力、提高奖励嘉许政策的比例、培育多层次的专业人才、构建政府引导、企业主导、公众参与的协同治理格局。

目前,中国 CCUS 运营模式的市场化程度偏低,CCUS 项目大多由国家能源集团、中国石油、中国石化等占有重要地位国企央推动,政府很少与民营企业、科研高校展开合作。能源结构转型的时代变局之下,CCUS 需要民营企业和民营资本介入,应当积极出台奖励嘉许政策,支持民营企业、科研高校、社会个体参与推进 CCUS 产业的发展,提供减碳技术和服务,加大私有主体的投资力度。在自愿型政策建设方面,一是需要将 CCUS 项目尽快纳入我国自愿减排机制(CCER),并建立多元主体之间的联合协调机制。积极探索政府、企业、科研高校等不同利益相关方之间的有效沟通协作机制,通过多方合作将先进的科研成果与技术及时运用到生产,优化 CCUS 产业的运营模式,推动技术商业化。二是加大基础设施建设力度,重点从新型电力、能源安全保供以及能源设施数字化转型等方面出发,对 CCUS 产业工程及设施建设进行协同布局,有序推进 CCUS 产业的集群化建设^[4]。三是要完善对 CCUS 参与主体的激励嘉许制度,坚持精神褒奖与物质奖励相结合、长期激励和即时激励相结合等原则,细化奖励嘉许政策、增强政策在实践中的可操作性、强化表彰奖励政策的刚性约束力。四是强化复合型人才队伍建设。要聚焦化石能源高效清洁利用、氢能与储能、碳经济与碳管理等具体方向,依托科研高校、研究院所的力量,为 CCUS 技术攻坚和产业发展供给多层次储备人才力量。

(3)完善 CCUS 产业链,优化产业布局结构

由于火电、钢铁、水泥、石化和化工行业对 CCUS 减排需求巨大,所以未来我国 CCUS 政策规制应聚焦于水泥、火电、钢铁、化工等行业。根据生态环境部发布的《中国 CCUS 年度报告(2021)》预测,到 2030 年,水泥和化工行业有望成为我国 CCUS 需求率先超过千万吨/年的两大应用领域^[33]。“双碳”目标下,未来的政策眼光需要结合不同领域的特点,展开 CCUS 技术研发与项目示范,分析相关行业开展碳资源化利用的途径、前景和障碍,优化产业布局。在水泥、火电等工业碳排放量高的行业,加快碳捕集技术研发,需要注意的是碳捕集技术与 CCUS 成本高度相关,是 CCUS 技术的重点方

向;在化工利用、生物利用领域重点开展碳利用技术,稳步推进电催化、光催化等新技术,拓展大规模商业化利用的前景;针对能源系统净零负排放的现实需求,主要以 CO₂捕集为载体、规模化减排和碳资源化利用为重点、多元技术合力发展,构建可利用、可操作、高效益的 CCUS 产业模式^[34]。

与此同时,地方政策制定的过程中需要考虑 CCUS 上下游产业空间布局、产业匹配程度。在现行 CCUS 产业管理模式下,重点围绕大型封存资源如鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、松辽盆地或碳综合利用终端建立紧密衔接的产业集群,形成 CCUS 规模化发展效应^[3]。同时,充分借鉴国际经验,在法律框架与技术标准的支撑下,探索 CCUS 技术规模化、集群化、商业化发展的合理路径,如可从低碳价政策、适当的财政激励举措、适宜的源汇匹配条件等方面出发,统筹考量、合理布局早期示范试点,助推以集群模式发展的产业格局。如此一来,一方面可以加快我国 CCUS 发展进度,另一方面也有利于降低 CCUS 项目的能耗与成本,将 CCUS 打造为实现碳中和目标的有效技术。

参考文献:

[1] 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话[EB/OL]. (2020-09-22). https://www.gov.cn/xinwen/2020-09/22/content_5546168.htm.

[2] 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第二次会议强调 建设更高水平开放型经济新体制推动能耗双控逐步转向碳排放双控 李强王沪宁蔡奇出席[N]. 人民日报,2023-07-12(01).

[3] 吴何来,李汪繁,丁先.“双碳”目标下我国碳捕集、利用与封存政策分析及建议[J]. 电力建设,2022,43(4):28-37.

[4] 张贤,李凯,马乔,等.碳中和目标下 CCUS 技术发展定位与展望[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(9):29-33.

[5] 习近平在中共中央政治局第十二次集体学习时强调 大力推动我国新能源高质量发展 为共建清洁美丽世界作出更大贡献[N]. 人民日报,2024-03-02(01) .

[6] JIANG K, ASHWORTH P, ZHANG S Y, et al. China’ s carbon capture, utilization and storage

(CCUS) policy:a critical review[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews,2020,119:109601.

[7] WEI N, LI X C, LIU S N, et al. A strategic framework for commercialization of carbon capture, geological utilization, and storage technology in China[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control,2021,110:103420.

[8] 仲平,彭斯震,张九天,等. 发达国家碳捕集、利用与封存技术及其启示[J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(4):25-28.

[9] SONG D D, JIANG T, RAO C P, et al. Review of policy framework for the development of carbon capture, utilization and storage in China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2022,19 (24):16853.

[10] KHESHGI H S, THOMANN H, BHOORE N A, et al. Perspectives on CCS cost and economics[J]. SPE Economics & Management,2012,4(1):24-31.

[11] 黄萃,任弢,张剑. 政策文献量化研究:公共政策研究的新方向[J]. 公共管理学报,2015,12(2):129-137.

[12] 孙国华.《中华法学大辞典:法理学卷》[M]. 北京:中国检察出版社,1997:506.

[13] 李祥飞,张振. 基于三维政策工具分析框架的我国医保支付方式改革政策量化分析[J]. 南京医科大学学报(社会科学版),2022,22(6):535-545.

[14] 唐兴霖,雷李念慈. 基于政策文本的数字平台治理工具配置逻辑研究[J]. 理论探讨,2023(6):66-75.

[15] 陈振明. 政府工具研究与政府管理方式改进——论作为公共管理学新分支的政府工具研究的兴起、主题和意义[J]. 中国行政管理,2004(6):43-48.

[16] 刘春艳,孙雨晴. 政策工具视角下中国特色新型智库政策文本分析[J]. 智库理论与实践,2022,7(5):1-10.

[17] 陈新明,张睿超,亓靖.“双碳”治理视角下中国绿色低碳政策文本量化研究[J]. 经济体制改革,2022(4):178-185.

[18] 宋琪,谷灏. 政策“工具-功能”视角下人工智能产业央地政策研究[J]. 科学与社会,2022,12(1):84-102.

[19] 刘国佳,韩玮,陈安. 基于三维分析框架的突发公共卫生事件应对政策量化研究——以新冠肺炎疫情为例[J]. 现代情报,2021,41(7):13-26.

[20] 彭纪生,仲为国,孙文祥. 政策测量、政策协同演变与经济绩效:基于创新政策的实证研究[J]. 管

理世界,2008(9):25-36.

[21] 刘石慧. 基于 CCUS 的二氧化碳价值链评价体系研究[J]. 中国国土资源经济,2021,34(12):84-89.

[22] 彭雪婷,吕昊东,张贤. IPCC AR6 报告解读:全球碳捕集利用与封存(CCUS)技术发展评估[J]. 气候变化研究进展,2022,18(5):580-590.

[23] 张贤,李阳,马乔,等. 我国碳捕集利用与封存技术发展研究[J]. 中国工程科学,2021,23(6):70-80.

[24] 郭沛,梁栋. 低碳试点政策是否提高了城市碳排放效率——基于低碳试点城市的准自然实验研究[J]. 自然资源学报,2022,37(7):1876-1892.

[25] 徐冬,张帅,韩涛,等. 煤电+CCUS 产业规模化发展政策激励[J]. 洁净煤技术,2023,29(4):13-20.

[26] 张贤,杨晓亮,鲁玺,等. 中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)[R]. 中国 21 世纪议程管理中心,全球碳捕集与封存研究院,清华大学,2023.

[27] 甘满光,张力为,李小春,等. 欧洲 CCUS 技术发展现状及对我国的启示[J]. 热力发电,2023,52(4):1-13.

[28] 康京涛,荣真真. 双碳目标下碳捕集与封存的立法规制:欧盟方案与中国路径[J]. 德国研究,2022,37(5):61-79.

[29] HOLZNER M. CCS in Europe: a perspective from the European Commission[J]. Greenhouse Gases: Science and Technology,2012,2(3):148-150.

[30] 邹乐乐,张九天,魏一鸣. 二氧化碳封存技术相关国际法规与政策的回顾与分析[J]. 中国能源,2010,32(4):15-18.

[31] WANG P C, SHI B B, LI N, et al. CCUS development in China and forecast its contribution to emission reduction[J]. Scientific Reports,2023,13(1):17811.

[32] 何璇,黄莹,廖翠萍. 国外 CCS 政策法规体系的形成及对我国的启示[J]. 新能源进展,2014,2(2):157-163.

[33] 蔡博峰,李琦,张贤,等. 中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)——中国 CCUS 路径研究[R]. 生态环境部环境规划院,中国科学院武汉岩土力学研究所,中国 21 世纪议程管理中心,2021.

[34] 曲建升,陈伟,曾静静,等. 国际碳中和战略行动与科技布局分析及对我国的启示建议[J]. 中国科学院院刊,2022,37(4):444-458.

(编辑:高虹)

A Sample Study of Carbon Capture, Utilization, and Storage Policies in China from the Perspective of “Dual Carbon” Governance/ZENG Lixuan, XING Hongfei (Law School, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Exploring the characteristics and shortcomings of China’s current carbon capture, utilization, and storage policies can provide reference for future policy formulation and system optimization in China. A three-dimensional analytical framework model based on “policy tools - target areas - policy subjects” was constructed using 143 effective policy texts released by the central and local governments from February 2006 to December 2022 as the research object. By combining research methods such as statistical analysis, structural analysis, and content analysis, this study explores the evolution process, policy tools, policy target areas, policy subjects, and policy intensity of carbon capture, utilization, and storage policies. The results indicate that under the guidance of the “dual carbon” target, China’s carbon capture, utilization, and storage policies are being laid out, and strategic goals are gradually becoming clearer. However, there are still issues such as the absence of specialized policies, uneven distribution of policy tool structures, low density of cooperation among policy entities, and incomplete technical standards for the entire process of carbon capture, utilization, and storage. Based on this, in the future, policy efforts should be strengthened to build special policies for carbon capture, utilization, and storage aimed at carbon neutrality goals. And diverse policy tools should be efficiently allocated and a comprehensive application model of policy tools should be constructed. In addition, the carbon capture, utilization, and storage industry chain should be improved, and the industrial layout should be optimized.

Key words: environmental governance; carbon capture, utilization, and storage policies; clean energy; low carbon; peak carbon dioxide emissions; carbon neutrality